

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 6 月 13 日 (13.06.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/46715 A1

(51) 国際特許分類: G01M 11/02
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/10185
(22) 国際出願日: 2001 年 11 月 21 日 (21.11.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2000-356690 2000 年 11 月 22 日 (22.11.2000) JP
特願 2001-81654 2001 年 3 月 21 日 (21.03.2001) JP

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

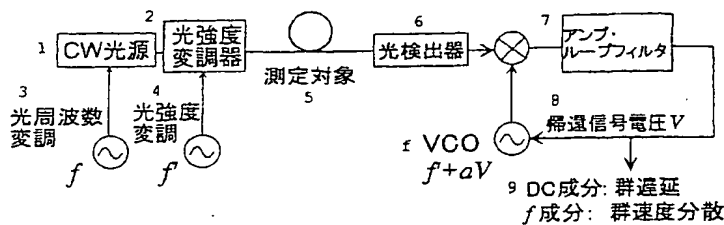
(71) 出願人 および
(72) 発明者: 多久島裕一 (TAKUSHIMA, Yuichi) [JP/JP]; 〒223-0062 神奈川県横浜市港北区日吉本町3-24-3 ラ・ベル日吉 II 306号 Kanagawa (JP). 菊池和朗 (KIKUCHI, Kazuro) [JP/JP]; 〒223-0056 神奈川県横浜市港北区新吉田町1139-1 フォルム綱島クレスタワーズ1304 Kanagawa (JP).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(74) 代理人: 稲葉 滋 (INABA, Shigeru); 〒102-0093 東京都千代田区平河町2丁目3番11号 花菱イマス平河町ビル4階 成瀬・稲葉・井波特許事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: METHOD AND EQUIPMENT FOR MEASURING WAVELENGTH DISPERSION

(54) 発明の名称: 波長分散測定法及び装置



- 1...CW LIGHT SOURCE
2...OPTICAL INTENSITY MODULATOR
3...OPTICAL FREQUENCY MODULATION
4...OPTICAL INTENSITY MODULATION
5...OBJECT TO BE MEASURED
6...PHOTODETECTOR
7...AMPLIFIER/LOOP FILTER
8...FEEDBACK SIGNAL VOLTAGE V
9...DC COMPONENT: GROUP DELAY
f COMPONENT: GROUP VELOCITY DISPERSION

(57) Abstract: A wavelength dispersion measuring method for measuring the group velocity dispersion of an optical element, e.g. an optical fiber, directly. The group velocity dispersion is measured using a light subjected simultaneously to optical frequency modulation and intensity modulation and utilizing a fact that an optical frequency modulated component appears as variation in the phase of intensity modulated component. Dispersion can thereby be measured with high accuracy with no effect of drift in the group delay time caused by variation of external environment. Accuracy and dynamic range do not deteriorate even in the vicinity of zero dispersion. Since the waveform of a frequency modulated signal can be made asymmetric, the code of a wavelength dispersion value can be reproduced. Wavelength dispersion can be subjected to in-service-monitoring using a digital data signal as the intensity modulated signal.

[続葉有]



(57) 要約:

本発明は、光ファイバなどの光素子の群速度分散を直接測定する波長分散測定法に係る。光周波数変調と強度変調を同時に施した光を用い、光周波数変調成分が強度変調成分の位相の変化として現れることを利用して群速度分散を測定する。外部環境の変化による群遅延時間のドリフトの影響を受けることなく高精度に分散が測定できる。零分散近辺でも精度・ダイナミックレンジが落ちることがない。周波数変調信号の波形を非対称波形とすることで波長分散値の符号の再生ができる。強度変調信号としてデジタルデータ信号を用いることで、波長分散のインサービスモニタリングができる。

明 細 書

波長分散測定法及び装置

技術分野

本発明は、光ファイバ等の光学素子の波長分散測定に関するものである。

背景技術

群速度分散（波長分散、または単に分散と呼ぶ）とは、光が進む速度が周波数（波長）によって異なる現象である。波長分散を有する光素子中を光パルスが伝搬すると、光パルスを構成する光周波数成分ごとに速度が異なるため、光素子を伝搬するにつれて波形が歪み、パルス幅が広がっていく。光通信システムにおいては、分散による波形歪みやパルス幅広がりやが伝送速度を制限するため、光通信システムを設計・構築する上で分散を正確に評価する技術は非常に重要である。

これまでに、分散を測定するための方法として位相遅延を測定する方法（干渉法）、群遅延時間を測定する方法（パルス法、位相シフト法）など幾つかの方法が提案されている。これらは測定対象を光が通過する位相遅延・群遅延時間を光の波長を変えて測定し、波長で微分することにより群速度分散を算出するものである。

これらの手法は、位相遅延・群遅延時間が正確に測定できる場合は有効であるが、長尺の光ファイバのように測定対象の長さが変化するような場合は、遅延時間自体が擾乱を受けるため精度が著しく落ちる。また、波長による微分によって群速度分散を求めるので、零分散近傍のように波長を変化させても群遅延時間が大きく変化しないような領域や、波長分解能を高くした場合などは擾乱の影響は大きくなる。光通信の分野においては零分散近傍を精密に測る要求は最も高いが、従来の方法では零分散近傍で精度やダイナミックレンジを高く保つことがもっとも難しい。

また、従来の位相シフト法は、測定波長を順次変化させて、波長を変化させたときの強度変調成分の位相差から群速度分散を求める。位相差を正確に測るにはリフ

アレックスが必要である。また、光周波数を変化させた時に 2π 以上の位相回転が起こる場合には、位相比較器は 2π 以上の位相変化が起こっても、0 から 2π の間の値しか出力しないという問題がある。一方、ファイバの分散にあわせて変調周波数を小さくすると、位相変化が小さくなるため、精度が落ちるという不具合がある。

また、分散値をモニタする場合には、測定したい波長の光を外部から注入しなければならないため、測定波長におけるサービスを止めなければならない。このことは実用上の問題となる。さらに、測定対象の入出力端（送信端と受信端）が離れたところに存在するため、従来の殆どの手法は使用できない。

また、高次偏波分散の 1 成分である群速度分散の偏波依存性を測定したい時に、位相シフト法を用いる場合、光源の波長を測定波長の近辺で掃引して数値処理（波長で微分）することにより分散が求まる。このため、偏波依存性を測定するには、入力光をある偏波状態に固定してから波長を掃引して分散を測定し、この手順を繰り返すことにより分散値の最大・最小値を見つけ出す。したがって、波長掃引を繰り返さなければならないため時間がかかる、および測定中にファイバ内の偏波状態が変わると有限回の手順で最大値・最小値が見つかる保証がないという不具合がある。

本発明は、外部環境の変化による群遅延時間のドリフトの影響を受けることなく高精度に分散を測定することができる波長分散測定法を提供することを目的とするものである。

本発明の他の目的は、零分散近辺でも精度・ダイナミックレンジが落ちることがない波長分散測定法を提供することにある。

本発明の他の目的は、光周波数を変えたときに 2π 以上の位相回転が起こっても、安定に測定できる波長分散測定法を提供することにある。

本発明の他の目的は、位相検波時に基準位相を必要としない波長分散測定法を提供することにある。

本発明の他の目的は、簡単な手段で、波長分散値の符号（正常分散あるいは異常分散）を再生することができる波長分散測定法を提供することにある。

本発明の他の目的は、伝送信号をそのまま用いてサービスを止めることなく、リアルタイムで伝送路の分散値を測定することにある。

本発明の他の目的は、簡単かつ良好に、群速度分散の偏波依存性を測定することにある。

発明の開示

本発明が採用した技術手段は、光周波数変調と強度変調とを行って得られた光周波数変調・強度変調光を測定対象である光素子に注入し、群速度分散によって引き起こされる強度変調成分の位相変調成分を測定することを特徴とするものである。

本発明に係る手法では、光源に光周波数変調と強度変調を同時に行い、群速度分散によって引き起こされる強度変調成分の位相変調成分を測定する。外乱による位相遅延・群遅延時間の揺らぎは周波数軸上で分離されるため、外乱の影響を受けることがない。また、微分等の操作の必要はなく、群速度分散が直接求まる。このため、ダイナミックレンジが非常に広く取れ、さらに零分散近辺でも精度は保たれる。さらに波長分解能を高くしても精度は落ちないといった特徴を持つ。測定に用いる光の光周波数と強度を変調し、群速度分散によって光周波数変調成分が強度変調成分の位相変調として現れることを利用して群速度を直接測定するものであり、位相・群遅延時間のドリフトの影響が原理的に除去でき、高い精度とダイナミックレンジを実現することが可能である。

本発明に係る光源は、(例えば、数GHzの範囲)で波長(周波数)が連続的に掃引できるような波長可変光源である。このような光源自体は公知であり、いわゆるモードホップフリー波長可変光源が例示される。具体的には、外部鏡型波長可変光源、外部共振器型波長可変光源が例示され、これらの光源自体は、例えば、半導体レーザ、レーザダイオード、DBRレーザ、DFBレーザから構成される。この種の波長可変光源は既に製品として多数存在すると共に、多数の特許も存在する。例えば、特開平7-239273(米国特許第5,548,609号)には、半導体レーザの発振波長を広範囲で位相連続に可変可能な外部共振器可変波長光源が開示

されている。特開平 1 1 - 2 8 9 1 1 8 (米国特許第 6, 6 8 1, 5 3 9 号) は、発振可能な全帯域において波長連続掃引が可能な波長可変レーザ光源装置が開示されている。これらの特許文献に記載された内容は参照として本明細書に組み入れられる。本発明に採用され得る波長可変光源は上述のものには限定されない。また、本発明によれば、連続的に光周波数掃引ができれば、その波長での群速度分散が測定できる。したがって、1 波長のみの測定であれば、通常の半導体レーザを光源とすることも可能である。

該光周波数変調光を得るための変調信号の変調波形は一つの好ましい態様では、非対称波形である。非対称波形とは、正負を逆にしたときに形が変わるような波形を意味する。非対称波形としては、非対称三角波、あるいは非対称方形波が例示される。変調波形として非対称波形を採用することで、分散値の正負によって出力信号波形が変化することを利用して分散値の符号再生が可能となる。よって、分散の符号（正常分散か異常分散か）を測定対象から出射した出力信号のみから再生することができる。もちろん、変調信号の変調波形は非対称波形に限定されるものではなく、他の好ましい態様では、変調信号は正弦波である。光周波数変調のための変調波が正弦波信号の場合は、該正弦波信号を用いてロックイン検波を行なうことで分散値の符号を再生することができる。

本発明の波長分散測定法および装置において、光周波数が変調された光を強度変調する信号は、一つの好ましい態様では正弦波信号である。他の好ましい態様では、正弦波信号に代えて、デジタルデータ信号（2 進ランダム符号）を用いて強度変調を行うことができる。後者の場合、プローブ光としてデジタルデータ信号で変調された光を用いることができるため、既存の伝送システムにほとんど変更を加えることなく、伝送信号をそのまま用いてサービスを止めることなくリアルタイムに伝送路の分散値を測定することができる。

位相変調成分を測定する手段については、公知の復調あるいは検波手段から適宜好適に選択され得る。好ましい検波手段としては、位相ロックループ (PLL) を用いた検波法が有利である。

本発明に係る光周波数変調法を用いた分散測定を利用することで、高次偏波分散の1成分である群速度分散の偏波依存性を測定することができる。上述の本システムにおいて、測定対象の入口の前に偏波制御器を設け、注入信号光の偏波状態を変えながら分散特定を行い、分散の最大値と最小値を記録する。この最大値と最小値の差が群速度分散の偏波依存性を表す。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第一の実施形態に係る波長分散測定装置を示す概略構成図であり、図2は使用する光（光周波数変調・強度変調光）の光周波数と強度の時間変化を示す図であり、(a)は測定対象に注入される前の光周波数（上図）と強度（下図）、(b)は測定対象から出た後の光強度を示しており、図3は光周波数変調法の概念を説明する図であり、図4はロックイン検出による符号再生を示す構成図であり、図5は波長1500nmにおいて測定されたVCOへの帰還信号電圧のスペクトルを示す図であり、図6は波長を変化させて320Hz成分の大きさをプロットした図であり、図7は各種ファイバについて、波長を変化させて測定した場合を示す図であり、図8は従来の位相シフト法と本発明とを比較する図であり、図9は第二の実施形態に係るシステムの原理図であり、図10はシステムへの応用を示す図であって、(a)は伝送リンクのGVDのインサートモニタリングを示し、(b)はフィードバック制御を用いた適応分散補償を示し、(c)はフィードフォワード制御を用いた適応分散補償を示し、図11は測定された帰還信号電圧vのスペクトルを示す図であり、図12は測定された分散値を示す図であって、ファイバ長は25kmであり、図13は光周波数変調波形、および測定対象ファイバからの出力光の強度変調成分の位相とVCO出力波形を示す図であり、図14は実験で使用した変調波形であり、図15は符号再生を含めた分散測定であって、横軸は位相シフト法によって求められた分散値で縦軸が本測定手法による指示値であり、光信号対雑音比が10, 15, 30dBと異なる条件で測定したものであり、図16は変調波形を方形波としたとき（図13(c)の場合）の分散測定図であり、図17は提案する高次偏波分散

(波長分散の偏波依存性)の測定系の図であり、図18は測定波長を固定した場合において、分散の最大値、最小値を測定し、それらの差から高次偏波分散(波長分散の偏波依存性)を得ることを説明する図であって、横軸の偏波状態は実際には2パラメータで表され、図19は位相シフト法で波長分散の偏波依存性を測定する場合を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の第一の実施形態について説明する。図1は本発明に係る測定系の概念図である。測定系は、波長可変なCW光源(連続波光源)と、第1周波数(f)信号源と、光強度変調器と、第2周波数(f')信号源と、測定対象と、光検出器と、PLL検出部とを有している。

まず、光源として光周波数を変化させることができるCW光源を用意し、周波数 f [Hz]で光周波数を変調する。瞬時角周波数 ω は以下のように表される。

$$\omega = \omega_0 + \Omega \cos(2\pi f t) \quad (1)$$

但し、 ω_0 はCW光源の中心周波数、 Ω は周波数の変化の幅で、 t が時間を表す。

次に、この光周波数変調された光の強度を別の周波数 f' [Hz]で変調する。光強度 P_i は次のように表される。但し、 $f' \gg f$ とする。

$$P_i = P_0 + P \cos(2\pi f' t) \quad (2)$$

但し、 P_0 は平均光パワーである。

図2(a)に、測定対象に入力される光の周波数と強度の時間変化を模式的に表したものを示す。図2(a)の上図は、周波数 f で周波数変調した光の光周波数の変化を示している。図2(a)の下図は、周波数 f' で強度変調した光の光強度の変化を示している。本明細書においては、このように光周波数と強度が変調された光を光周波数変調・強度変調光と呼ぶ。

次に、この光周波数変調・強度変調光を測定対象となる光素子に注入する。こう

することによって、光素子の分散に応じて強度変調成分の位相が変化し、それから群速度分散が求められる。

図3は、本発明に係る群速度分散測定の様式図であり、横軸は波長、縦軸は群速度分散を表している。測定波長である光源の波長が λ_1 である場合に、波長 λ_1 （周波数 f_1 ）を中心に、±数GHzの範囲で正弦波状に光源の光周波数を掃引することにより、波長 λ_1 での群速度分散が求められる。他の波長（例えば λ_2 ）での群速度分散を求めるには、その波長（ λ_2 ）の近傍で光周波数を掃引する必要がある。図3では、光源の光周波数が正弦波状に掃引されたものを示しているが、連続的に周波数が変化できるものであれば、波形は限定されない。

以下において光ファイバを測定対象の例にとって説明するが、光ファイバは一つの好適な例に過ぎず、本発明は特に測定対象を選ぶものではない。

角周波数 $\omega = \omega_0 + \Delta\omega$ の光が光ファイバ中を伝搬するとき、伝搬定数 β は次のように表される。

$$\beta(\omega) = \beta_0 + \beta_1 \Delta\omega + \frac{1}{2} \beta_2 \Delta\omega^2 + \frac{1}{3!} \beta_3 \Delta\omega^3 + \dots \quad (3)$$

但し、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ はそれぞれ角周波数 ω_0 での単位長さあたりの群遅延、群速度分散、3次分散である。このとき、長さ L だけ伝搬するのに必要な時間（群遅延時間） τ は以下ようになる。

$$\tau = \frac{d\beta}{d\omega} L = (\beta_1 + \beta_2 \omega + \frac{1}{2} \beta_3 \omega^2 + \dots) L \quad (4)$$

つまり、角周波数によって伝搬する時間が異なる。本発明に係る測定系では光周波数が変調されているので、 τ は時間的に変化する。式(1)と式(4)を用いて、 $\Delta\omega = \Omega \cos(2\pi f t)$ とおき、 τ を求めると次のようになる。

$$\tau(t) = [\beta_1 + \beta_2 \Omega \cos(2\pi f t) + \frac{1}{2} \Omega^2 \cos^2(2\pi f t) + \dots] L \quad (5)$$

つまり、遅延時間が周波数 f で掃引され、強度変調成分の位相が変化する。測定対象から出た後の光強度 P_0 は以下ようになる。

$$P_o = P_0 + P \cos[2\pi f'(t - \tau)] = P_0 + P \cos[2\pi f't - \phi] \quad (6)$$

但し、 $\phi = 2\pi f' \tau$ が測定対象を伝搬することによって生じる位相変化で、 $\phi(t)$ は次のとおりとなる。

$$\phi(t) = -2\pi f' L [\beta_1 + \beta_2 \Omega \cos(2\pi f t) + \frac{1}{2} \Omega^2 \cos^2(2\pi f t) + \dots] \quad (7)$$

この様子を模式的に示したのが図 2 (b) である。図 2 (b) は測定対象を通過後の光強度の変化を表している。

式 (7) から、位相変調成分 $\phi(t)$ は光周波数変調の変調周波数 f を基本調波とする幾つかの周波数成分からなることがわかる。それぞれの周波数成分は次のようになっている。

直流 (DC) 成分	$2\pi f' L (\beta_1 + \frac{1}{4} \beta_3 \Omega^2) \sim 2\pi f' L \beta_1$	$\propto \beta_1 L$ (なぜなら、 $\beta_1 \gg \beta_3 \Omega^2$)
f 成分	$2\pi f' L (\beta_2 \Omega)$	$\propto \beta_2 L$
$2f$ 成分	$2\pi f' L [\frac{1}{4} \beta_3 \Omega^2]$	$\propto \beta_3 L$

つまり、DC 成分、 f 成分、 $2f$ 成分は、それぞれ群遅延、群速度分散、3 次分散に比例した量になる。よって、周波数 f 成分を測定することにより群速度分散を測定できる。また、DC 成分、 $2f$ 成分、 $3f$ 成分・・・ nf 成分を測定することにより、群遅延、3 次分散、4 次分散・・・ $(n+1)$ 次分散を測定できる。 f 成分を測定する手段については、公知のスペクトル検出法から適宜好適に選択され得るが、好ましい検出手段としては、同期検波を用いる方法やスペクトラムアナライザを用いる方法が例示される。図 4 に示すような、ロックイン検波を用いる場合は、分散の符号も再生可能である。また、DC 成分を測定するには、位相検出ができるものであれば、一般的な復調、検波方法がすべて使用でき、その他ネットワークアナライザを使用することもできる。

通常の位相法では位相・群遅延時間を波長 (ω) の関数として測定して微分することにより β_2 を求めるため、外乱による位相・群遅延時間の変化はそのまま誤差となる。また、波長分解能を高くすると、波長の変化に対応する遅延時間の変化量

が小さくなり、精度が波長分解能に反比例して悪くなる。一方、本方式では $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ が周波数軸上で分離される。このため外乱による位相遅延・群遅延時間の変化の影響を受けることなく群速度分散を測定することができ、その精度は零分散近辺でも落ちることはない。よって、非常にダイナミックレンジの高い測定法になる。

次に、位相変調成分を高精度に測定する手法について述べる。本発明に係る手法では、位相変調成分のうちDC成分の情報は必要ないが、位相変調成分の絶対量を測定する必要がある。このため、位相ロックループ (PLL) を用いた検出法が有効である。

図1の光検出器から後の部分は通常の位相ロックループ回路である。電圧制御発振器 (VCO) の周波数変調感度を a [Hz/V] とすると、位相ロックした場合のVCOに入力される帰還信号電圧 V と、位相変調成分との間には次の関係が成り立つ。

$$-\frac{d\phi}{dt} = aV \quad (8)$$

よって、 V の f' 成分は以下のとおりとなる。

$$(V \text{ の } f' \text{ 成分}) = \frac{4\pi^2 f f' \Omega}{a} \beta_2 L \quad (9)$$

帰還信号電圧 V は光検出器の変換効率や帰還利得などの影響を受けない。よって、帰還信号電圧 V を測定することにより群速度分散 $\beta_2 L$ を測定することができる。

[実験例1]

図1の測定系を実際に構成して原理検証を行なった。光源として外部鏡半導体レーザを用い、ファンクションジェネレータからの 320 Hz ($= f$) の正弦波信号を用いて光周波数変調を行なった。但し、光周波数の振れ幅は 1 GHz ($= \Omega / 2\pi$) である。次に、光周波数変調された光を 2 GHz ($= f'$) の正弦波信号で強度変調し、測定対象となる光ファイバに注入する。本実験では、零分散波長が 1553.5 nm の長さ 10 km の分散シフトファイバを用いた。

測定対象からの出力光を光検出器で電気信号に変換し、 2 GHz のPLL回路へ

入力して位相変調成分を検出した。用いたVCOの周波数変調感度は 20 kHz/V ($=a$)である。また、ダイナミックレンジを測定するために、本実験では同期検波しないでデジタルスペクトラムアナライザで帰還信号電圧の大きさ(絶対値)を測定した。

図5に波長 1500 nm で測定された帰還信号電圧のスペクトルを示す。デジタルスペクトラムアナライザの周波数分解能は 1.25 Hz である。 320 Hz 成分の大きさが群速度分散に相当し、図5では -81 dBV である。式(9)を用いて計算される群速度分散量 β_2 は 44.9 ps^2 であり(ファイバの長さあたり $D=3.52\text{ ps/nm/km}$)、ほぼ位相法での測定結果と一致する。本実験系では特に雑音に対しての対策を行っていないが、 320 Hz での雑音レベルは -110 dBV であり、約 30 dB のダイナミックレンジがとれている。周波数分解能は光周波数変調の振れ幅 Ω で制限されるが、波長に換算すると 0.01 nm 以下となる。また、分散の測定精度は現在のところ 1 ps/nm 程度であるが、周波数分解能を考慮すると非常に高い精度であることがわかる(尚、位相シフト法を用いて同様の周波数分解能・精度を実現しようとする 10 fs 以下の群遅延時間を測定する必要がある。)。本実験系でも同期検波を用いて観測時間を長く取ればさらに 10 dB 以上の改善が可能であり、 0.1 ps/nm 程度の精度は困難なく実現することができる。さらにPLL回路及び変調周波数 f 、 f' 等を最適化することによって、精度の限界は 0.01 ps/nm 以下であると考えられる。

10 Hz 以下の低周波数域で外乱等によるドリフトの影響が見られるが、その影響は $1/f$ のオーダーであるので群速度分散の測定には影響を与えない。つまり、外乱によるドリフトの影響が周波数軸上で分離されている様子がわかる。

波長を変化させて 320 Hz 成分の大きさをプロットしたものが図6である。この光ファイバの零分散波長は 1553.5 nm 近辺である。本発明による測定法ではダイナミックレンジが広いため、非常にはっきりとした零分散波長が判る。また、零分散近辺でも精度は保たれている。

位相変調成分をロックイン検出すれば符号も再生できる。図7は各種ファイバに

ついて、波長依存性を測定した結果である。非常に高いダイナミックレンジが得られていることがわかる。

本発明の利点について、従来の位相シフト法と比較して説明する。図8において、上図は測定対象に入力される光の周波数、下図は測定対象を通過後の光強度を表している。図8(A)は位相シフト法を示す図であり、位相シフト法では、測定波長を順次変化させて、波長を変化させたときの強度変調成分の位相差から群速度分散を求める。位相差を正確に測定するためにはリファレンスが必要となる。波長 λ_1 の時の位相（厳密にいうと基準位相との差）を θ_1 、波長 λ_2 の時の位相を θ_2 とすると、

$$\Delta\theta = (\theta_2 - \theta_1) = (\lambda_2 - \lambda_1) DL f_m$$

となる。ここで、Dは分散、Lはファイバ長、 f_m は強度変調周波数である。しかし、この手法によると、DLが大きくなると、波長を切り替えたときの位相変化 $\Delta\theta$ が 2π を超えて使えなくなる。なぜなら、位相比較器は 2π 以上の位相変化が起こっても、0から 2π の間の値しか出力しないからである。実際には π 以上の位相変化があると位相変化がプラスかマイナスかが判断できなくなり使えなくなる。よって、位相シフト法ではファイバの分散にあわせて変調周波数 f_m を小さくする必要がある。ただし、変調周波数 f_m を小さくすると位相変位が小さくなるので、精度が落ちることに注意しなければならない。

図8(B)は本方式を示している。測定波長が連続的に掃引されているのが特徴で、位相変化が連続的になる。このため、PLLを用いて位相追尾が可能である。この方式では、測定波長の変化によって 2π 以上の位相変化が生じても、PLLが位相を追尾する限りは位相変化に比例した出力電圧が得られる。よって、本方式では本質的に 2π の位相の不確定性は存在しない。これにより、 2π の位相の不確定性に対応するような複雑な構成を採用する必要がなく、また、変調周波数を下げる必要がないので、広いダイナミックレンジが測定精度を落とすことなく得られる。また、位相の変化分のみをみているので基準位相を必要としない。このため、出力のみで分散測定が可能である。

次に、本発明の第二の実施形態について説明する。第二の実施形態は、通常のデジタルデータ信号を用いて分散値を測定するシステムおよび方法に関するものである。システムの原理図を図9に示す。測定系は、波長可変レーザ光源（LD）と、第1周波数（ f_F ）信号源と、光強度変調器と、第2周波数（ B ）信号源と、測定対象と、光検出器と、クロック抽出部と、PLL検出部とを有している。

送信機側で、周波数 f_F で光周波数変調を行い、その後で送信したい周波数 B のデジタルデータ信号で変調する。受信側では、変調信号から周波数 B のクロック信号を抜き出し、PLL回路を用いてクロック信号に重畳した周波数 f_F の位相変調成分を検出する。伝送信号のクロック成分が、第一の実施形態の正弦波強度変調成分と同じ役割を果たすので、クロック成分の位相変調成分から群速度分散が求まる。検出される電圧 V と群速度分散との関係は、式（9）において、 f を B と置き換えたもので表される。

この方法によれば、通常の送信機の光周波数に変調を与えておけば、受信側のクロック信号から伝送信号が経験した総分散量が求まる。よって、現存するシステムにほとんど変更を加えることなく、伝送しながら信号光波長における分散値が監視できる。図10（a）に示すように、光伝送システムの、光送信装置（TX）に周波数 f_F の周波数信号源を付加して光周波数変調を行い、光送信装置（TX）から光周波数変調光を送信し、光受信装置（RX）に好適な検波手段として例示するPLLを付加することで、各伝送路A、Bの群速度分散値を求めることができる。また、可変分散と組合せてフィードバック制御による適応分散等化が高精度に行える（図10（b））。また、本測定法では分散値が正確に求まるため、フィードフォワード制御による適応分散等化も可能である（図10（c））。

[実験例2]

周波数 400 Hz で光周波数変調されたCW光を、パルスパターン発生器から生成したビットレート 9.953 Gbit/s、長さ $2^{31}-1$ の擬似ランダム符号で変調する。ただし、光周波数変調の振れ幅 $\Omega/2\pi$ は 2 GHz である。伝送路は長さ 25 km の分散シフトファイバである。受信側では、信号から 9.953 GHz

のクロック成分を取り出し、500MHzに変換した後にPLL回路で位相変調成分を検出した。VCO周波数変調感度は0.5kHz/Vとした。

図11に信号波長が1530nmのときのVCOへの帰還信号電圧 v のスペクトルを示す。400Hzの成分の大きさは-31.6dBV（波高値 3.72×10^{-2} V）であり、式（9）よりもとめられる分散値は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} |\beta_2|L &= \frac{2\pi \times 500 \times 3.72 \times 10^{-2}}{2\pi^2 \times 9.953 \times 10^9 \times 400 \times 2\pi \times 2 \times 10^9} \\ &= 5.91 \times 10^{-23} \end{aligned}$$

となり、 $|\beta_2|=2.36 \text{ ps}^2/\text{km}$ ($|D|=1.9 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$) と求まる。

使用したPLL回路のループフィルタの遮断周波数は2kHzであり、PLLのフィードバック帯域内で平坦な雑音特性を持つ。この雑音レベルは大体1ps/nm/kmの分散量に相当し、クロック抽出回路により発生したものである。PLL回路単体での雑音レベルはこれよりも更に20dBほど低いため、改良すれば0.1ps/nm/kmの分解能は達成可能である。

図12は、伝送信号の波長を変化させた場合に求められる分散値である。今回の測定系では、帰還信号電圧の絶対値しか測定していないため、求められるのは分散値の絶対値のみである。

上述の記載において、光周波数変調・強度変調光を用いた分散測定、およびデジタルデータで変調された信号光を用いた分散のインサースモニタについて述べ、ファイバからの出力信号だけを用いて分散値が求められること、および高い精度で分散値が測定できることを示した。

しかしながら、これまでの方法で分散値の符号（正常分散か異常分散か）を再生するためには、光周波数変調するための正弦波信号を用いてロックイン検波を行う

必要があり、このためファイバからの出力信号のみから符号再生は行えないという欠点があった。

この欠点を解決するための手段として、非対称波形を用いて光周波数変調を行う方法を提案する。従来の方法では、正弦波を用いた光周波数変調を行っていたため、分散値が正常でも異常でも出力波形は同じ正弦波であるため符号再生が行えなかった。本提案では、非対称波形を用い、分散値の正負によって出力信号波形が変化することを利用して符号再生を行う。これにより、分散値、および分散の符号の両方がファイバからの出力信号のみから再生できるようになる。図1に示す構成図をそのまま用いることができ、光周波数変調を行う波形のみを変更する。

図13において、(a)は正弦波で周波数変調を行う場合を示している。一番左が光周波数変調波形で、分散値が正常側にあるとき ($< 0\text{ps/nm/km}$) を左に、異常側にあるとき ($> 0\text{ps/nm/km}$) を右に示す。強度変調成分の位相変調成分 ϕ は変調波形に比例し、PLLで復調後のVCOからの出力は位相変調成分 ϕ の時間微分になる。分散値の符号によってVCOからの出力信号の位相が180度異なるが、出力信号だけでは基準となる位相がないので正常か異常かを判断することができない。したがって、送信側の変調波形を基準としてロックイン検波を行う必要があった(図4)。

次に提案方法を図13(b), (c)に示す。(b)では図面に示すように非対称三角波を考えるが、正負を逆にしたときに形が変わるような波形であれば適用可能である。

この場合も同様に強度変調成分の位相変調成分 ϕ は変調波形に比例するが、分散の符号によって正負が逆になるため、測定対象が正常分散か異常分散かで波形が異なる。よって、波形から分散値の正負を判断することができる。また、分散値は振幅を測定することにより可能であり、スペクトルから変調周波数成分の大きさを測定すればよい。

波形から分散値の正負を検出するためには、各種の信号処理技術を用いることができる。簡単な例を以下に示す。(b)の場合、VCOからの出力電圧は ϕ の時間微分になるため図に示されるような方形波パルスとなり、そのデューティ比(2進パルスとみなしたときのハイレベルが占める割合)が正負で異なる。よって、VCOからの

出力信号のデューティ比を測定することにより簡単に正負が判別できる。

変調波形が非対称三角波以外でも、波形が上下非対称であれば適用可能である。

(c)に変調波形としてデューティ比が 50%以下の方角波を用いた場合を示す。この場合、VCO から出力パルス列はインパルス列となり、正と負のインパルスの到来時間の差で分散の正負の判別ができる。

デジタル変調信号光を用いた分散測定の場合もまったく同様にして符号再生ができる。図 9 の構成をそのまま用いることができ、変調波形が異なる以外は変更点はなく、符号再生についても上述した方法がそのまま使用できる。

〔実験例 3〕

図 9 の実験系を構成し、異なる分散値を持つファイバの分散測定を行った。送信光源としては 1553.5nm の DFB レーザダイオードを用い、バイアス電流に微小な変調信号を加えることにより光周波数変調を行った。変調波形は図 14 に示すような非対称三角波で、繰り返し周波数は 10kHz で、デューティ比は 75%である。光周波数変調光は、ビットレート 9.953Gbit/秒のデジタルランダム信号で変調され測定対象ファイバに注入される。受信側では 9.953GHz のクロック信号を再生し、PLL 回路に注入する。VCO から出力信号は、スペクトラムアナライザで大きさを測定するとともに、および A/D 変換器付きパーソナルコンピュータに取り込み、デューティ比と振幅を測定する。

図 15 に測定結果を示す。横軸は位相シフト法によって測定されたファイバの分散値で、縦軸は本方法によって測定された測定器指示値（測定電圧）を示す。正負が正しく判別されており、分散値と測定器指示値が比例関係にあることがはっきりとわかる。本実験では、波形により符号を再生するため光雑音の影響が心配されるが、光信号対雑音比（光スペクトラムアナライザで 0.1nm 分解能で測定）を 10dB 以下に下げても指示値はほとんど変化がなく、光雑音に対しても非常に強いことがわかった。図 13 (c) のような方角波でも測定を行った。結果を図 16 に示す。この場合も問題なく符号再生および分散値測定が行える。

次に、本発明に係る光周波数変調法を用いた分散測定の高次偏波分散測定への応

用について説明する。

本測定法では分散値を位相シフト法のように大きく波長を変化させる必要がなく、固定波長での分散値変動を測定することができる。よって、外的な要因によって発生する分散値変動がそのまま測定できるため各種の応用が可能である。ここではその一例として、偏波変動による分散値を測定することにより高次（2次）偏波分散の1成分である群速度分散の偏波依存性の測定法を提案する。本発明の利点は、位相シフト法等を用いる場合と比べて手順が簡略化されることである。

図17に構成図を示す。測定系は、CW光源と、第1周波数（ f ）信号源と、光強度変調器と、第2周波数（ f' ）信号源と、偏波制御器と、測定対象と、光検出器と、PLL検出部とを有しており、偏波制御器を有することを除いて、実質的に図1に示す測定系と同じである。また、偏波制御器は、測定された分散値に基づいて、A/D変換、制御コンピュータを介して、制御される。偏波制御器は、光ファイバ等の光導波路を伝搬する光信号の偏波状態を制御する素子である。偏波制御器によって測定対象に注入される信号の偏波状態を任意に変更する。偏波制御器は公知であって、偏波スクランブラ、ファイバスクイーズ型偏波制御素子（ファイバ加圧器）、回転型ファイバコイル、回転位相板、ファラデー回転子が例示される。

上述の光周波数変調法の構成において、測定対象の入口に偏波制御器を取り付け、該偏波制御器によって注入信号光の偏波状態を変えながら分散測定を行い、分散の最大値と最小値を記録する。この最大値と最小値の差が群速度分散の偏波依存性を表す。偏波状態を変える際には、(1) ありとあらゆる状態を取り得るように変え（つまり偏波スクランブルを行い）、最大・最小値を検出する（図18）、もしくは(2) 偏波状態を変えながら分散が大きく（小さく）なる方向に調節して最大（最小）値をそれぞれ探索するなどの方法が考えられる。(2)のほうの測定時間は一般的に短い。

参考のため、位相シフト法を用いる場合の測定手順について図19を参照しながら述べる。位相シフト法を用いる場合、光源の波長を測定波長の近辺で掃引して数値処理（波長で微分）することにより分散が求まる。このため、偏波依存性を測定するには、入力光をある偏波状態に固定してから波長を掃引して分散を測定し、こ

の手順を繰り返して入力偏波状態を変えて測定することにより分散値の最大・最小値を見つけ出す。既述のように、波長掃引を繰り返さなければならぬため時間がかかること、および測定中にファイバ内の偏波状態が変わると有限回の手順で最大値・最小値が見つかる保証がないという欠点がある。

産業上の利用可能性

本発明は、光通信分野における波長分散を測定することに利用される。さらに、本発明は、波長分散のインサースビスモニタリング、適応分散等化、高次偏波分散測定に利用される。

請 求 の 範 囲

1. 光周波数変調・強度変調光を測定対象に注入し、該測定対象から出射された出力光の位相変調成分を測定することで波長分散を測定することを特徴とする波長分散測定法。
2. 請求項 1 において、該光周波数変調・強度変調光は、光周波数が変調された信号光を強度変調することで生成されることを特徴とする波長分散測定法。
3. 請求項 2 において、該周波数が変調された信号光は、波長を連続的に掃引できる光源から出射されたものであることを特徴とする波長分散測定法。
4. 請求項 1 乃至 3 いずれかにおいて、正弦波で光周波数を変調することを特徴とする波長分散測定法。
5. 請求項 1 乃至 3 いずれかにおいて、正負を逆にしたときに形が変わるような波形を有する信号によって光周波数を変調することを特徴とする波長分散測定法。
6. 請求項 5 において、該信号は、非対称三角波であることを特徴とする波長分散測定法。
7. 請求項 5 において、該信号は、非対称方形波であることを特徴とする波長分散測定法。
8. 請求項 5 乃至 7 いずれかにおいて、該出力光の波形から分散値の正負を判断することを特徴とする波長分散測定法。
9. 請求項 1 乃至 8 いずれかにおいて、正弦波信号によって強度変調することを特徴とする波長分散測定法。
10. 請求項 1 乃至 8 いずれかにおいて、デジタルデータ信号によって強度変調することを特徴とする波長分散測定法。
11. 請求項 10 において、該デジタルデータ信号は擬似ランダム符号を含むことを特徴とする波長分散測定法。
12. 光源と、第 1 周波数信号源と、光強度変調部と、第 2 周波数信号源と、光検

出部と、検波部とを有し、第1周波数信号により光周波数を変調した光周波数変調光を該光源から出射し、該光周波数変調光を第2周波数信号により該光強度変調部で強度変調して光周波数変調・強度変調光を生成し、該光周波数変調・強度変調光を測定対象に注入し、該測定対象からの出力光を該光検出部で電気信号に変換して該検波部により位相変調成分を検出するように構成したことを特徴とする波長分散測定装置。

13. 請求項12において、該光源は、発振波長の連続掃引が可能な光源であることを特徴とする波長分散測定装置。
14. 請求項12, 13いずれかにおいて、該第1周波数信号は正弦波であることを特徴とする波長分散測定装置。
15. 請求項12, 13いずれかにおいて、該第1周波数信号は、正負を逆にしたときに形が変わるような波形を有することを特徴とする波長分散測定装置。
16. 請求項15において、該信号は、非対称三角波であることを特徴とする波長分散測定法。
17. 請求項15において、該信号は、非対称方形波であることを特徴とする波長分散測定法。
18. 請求項12乃至17いずれかにおいて、該第2周波数信号は正弦波信号であることを特徴とする波長分散測定装置。
19. 請求項12乃至17いずれかにおいて、該第2周波数信号はデジタルデータ信号であることを特徴とする波長分散測定装置。
20. 請求項19において、該デジタルデータ信号は擬似ランダム符号を含むことを特徴とする波長分散測定装置。
21. 請求項19, 20いずれかにおいて、該装置はクロック抽出部を有し、該測定対象からの出力光を該光検出部で電気信号に変換するとともに該クロック抽出部によってクロック成分を抽出し、該検波部により該クロック成分の位相変調成分を検出することで該測定対象の分散を求めるように構成したことを特徴とする波長分散測定装置。

22. 請求項12乃至21いずれかにおいて、該検波部は、PLL回路を含むことを特徴とする波長分散測定装置。
23. 光源と光強度変調部とデータ信号源とを有する光送信装置と、伝送路と、クロック抽出部を有する光受信装置とから構成されるデジタル光伝送システムにおいて、該光源から出射される光に周波数変調を行い、該光源から出射された光周波数変調光を該光強度変調部において該データ信号源からのデジタルデータ信号によって強度変調し、該受信装置において該クロック抽出部によって出力光からクロック信号を抽出して、該クロック信号の位相変調成分を測定することで該伝送路の分散を求めることを特徴とするインサース波長分散測定法。
24. 光源と光強度変調部とデータ信号源とを有する光送信装置と、伝送路と、クロック抽出部を有する光受信装置とから構成されるデジタル光伝送システムにおける波長分散測定装置であって、該装置は、前記データ信号源とは異なる周波数を有する信号源と、検波部とを有し、該光源から出射される光に該信号源からの信号で周波数変調を行い、該光源から出射された光周波数変調光を該光強度変調部において該データ信号源からのデジタルデータ信号によって強度変調し、該受信装置において該クロック抽出手段によって出力光からクロック信号を抽出して、該検波部により該クロック信号の位相変調成分を測定することで該伝送路の分散を求めるように構成したことを特徴とするインサース波長分散測定装置。
25. 光周波数変調・強度変調光を測定対象である光素子に注入し、該測定対象から出射された出力光の位相変調成分を測定することで群遅延、群速度分散、 n 次分散($n > 3$)の少なくとも一つを測定することを特徴とする波長分散測定法。
26. 光源から出射された光周波数変調光を強度変調することで光周波数変調・強度変調光を生成し、該光周波数変調・強度変調光を測定対象に注入し、該測定対象から出射された出力光の位相変調成分を測定することで波長分散を測

定する方法であって、該測定対象に注入する光の偏波状態を制御しながら波長分散を測定して該分散の最大値および最小値を記録し、該最大値と最小値との差から波長分散の偏波依存性を測定することを特徴とする高次偏波分散測定法。

27. 請求項26において、測定波長は固定されていることを特徴とする高次偏波分散測定法。
28. 光源と、第1周波数信号源と、光強度変調部と、第2周波数信号源と、偏波制御器と、光検出部と、検波部とを有し、第1周波数信号により光周波数を変調した光周波数変調光を該光源から出射し、該光周波数変調光を第2周波数信号により該光強度変調部で強度変調して光周波数変調・強度変調光を生成し、該偏波制御器によって該光周波数変調・強度変調光の偏波状態を制御しながら測定対象に注入し、該測定対象からの出力光を該光検出部で電気信号に変換して該検波部により位相変調成分を検出して波長分散を測定し、該分散の最大値および最小値を記録し、該最大値と最小値との差から波長分散の偏波依存性を測定するように構成したことを特徴とする高次偏波分散測定装置。

図 1

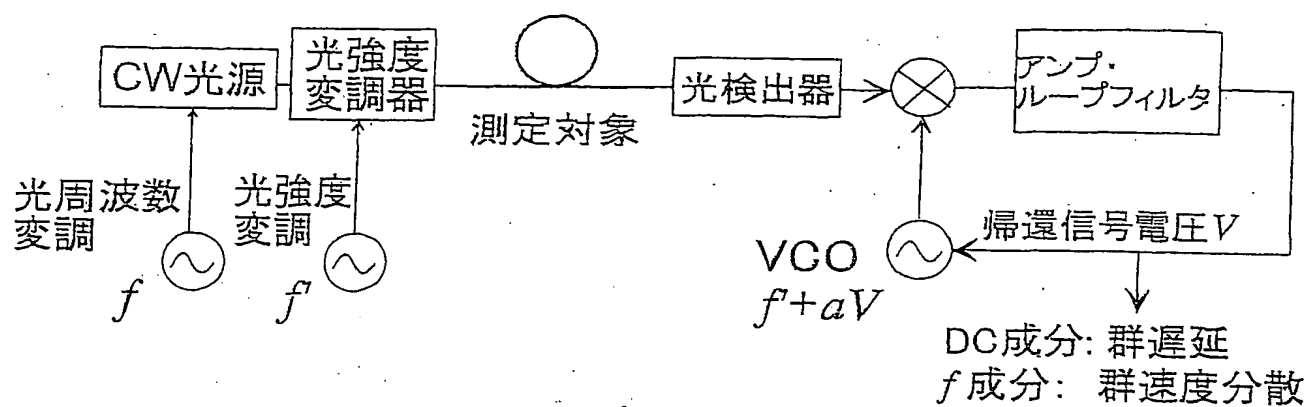


図 2

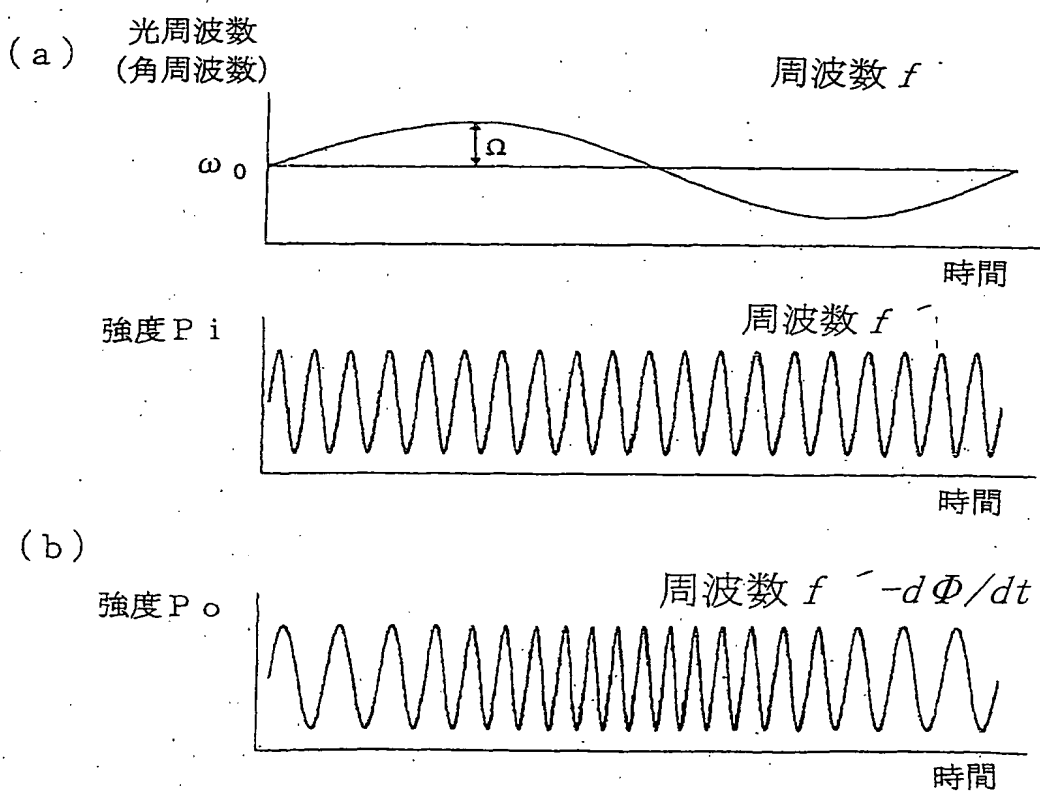


図 3.

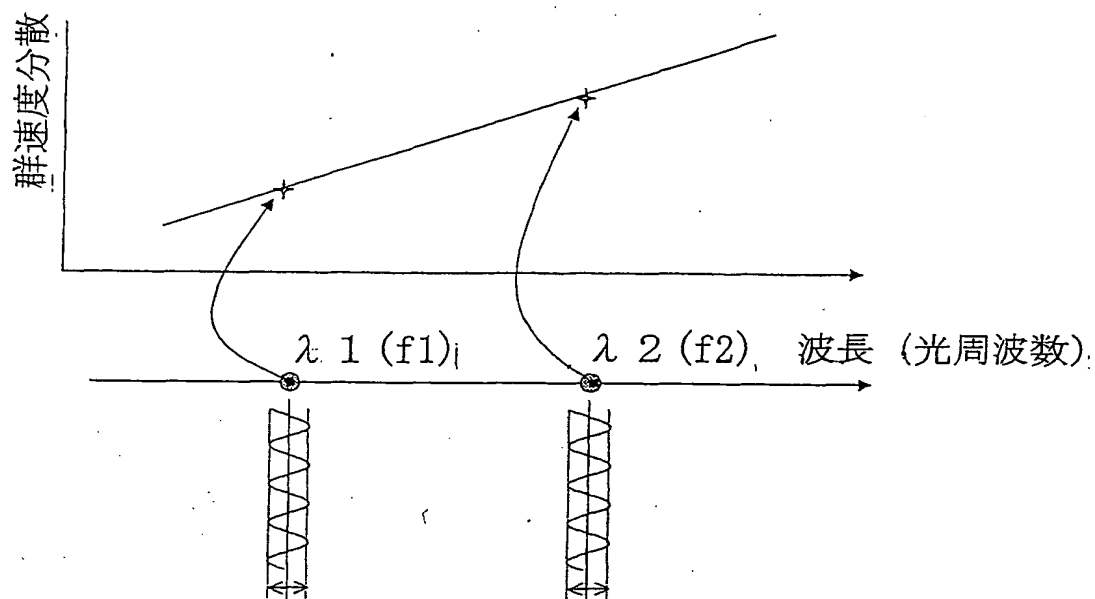


図 4

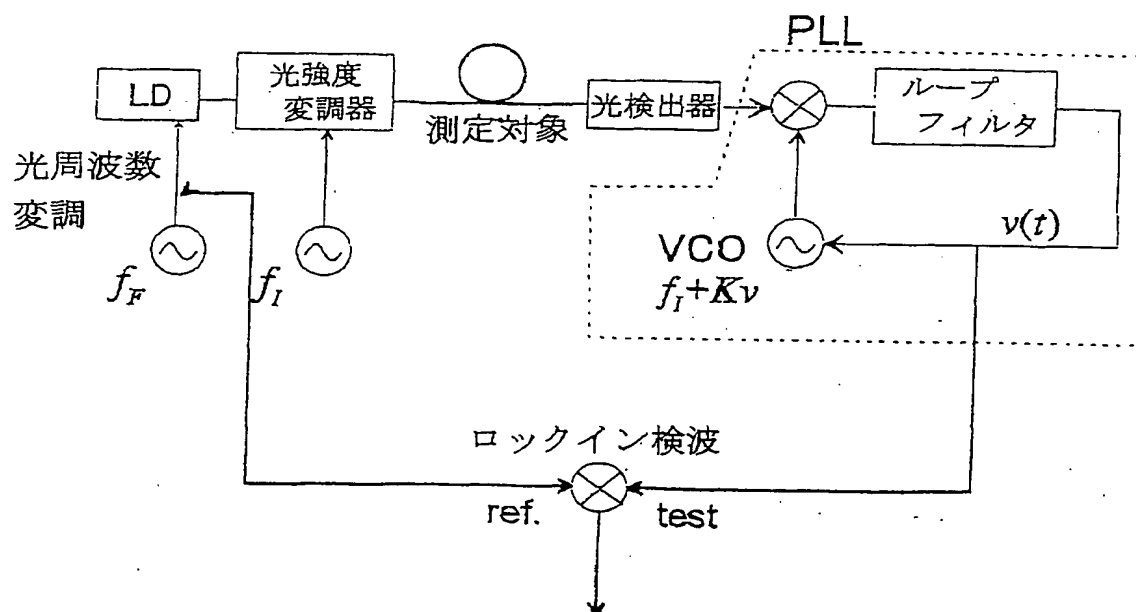


図 5

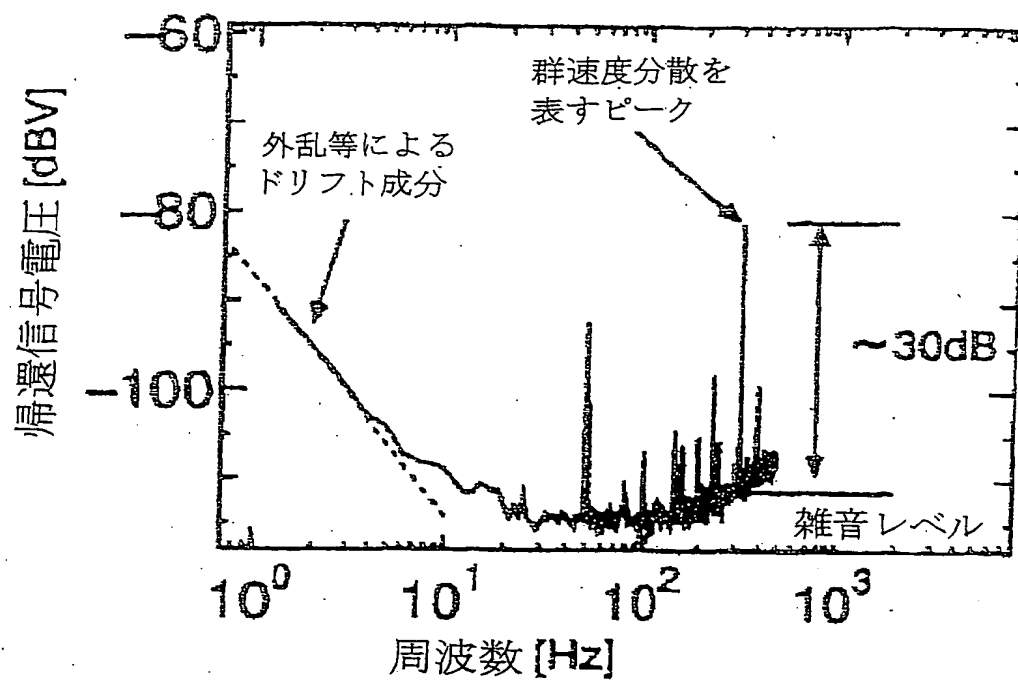


図 6

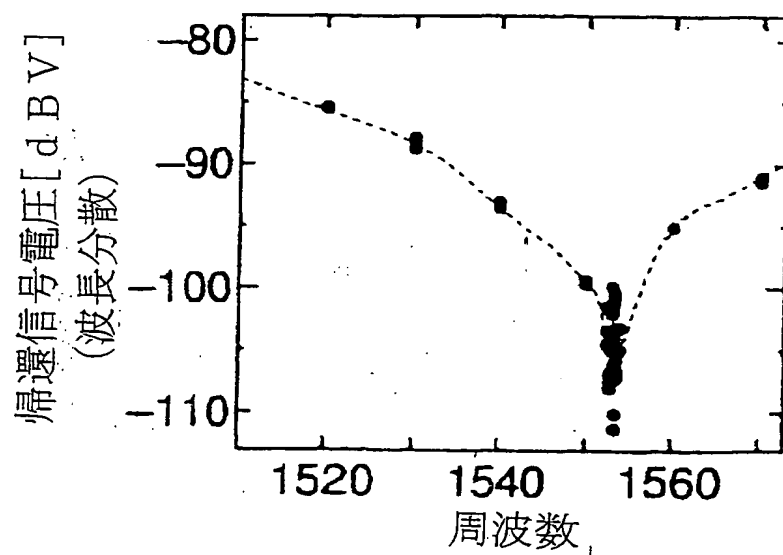
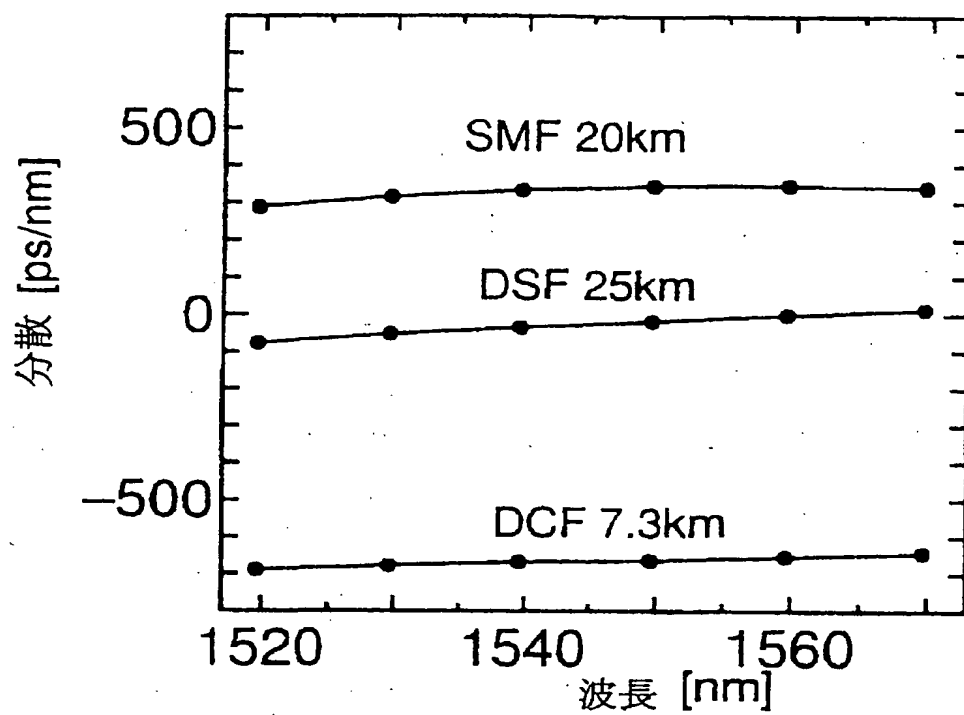
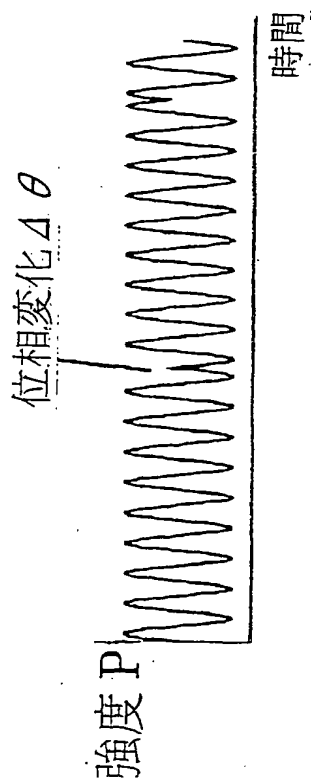
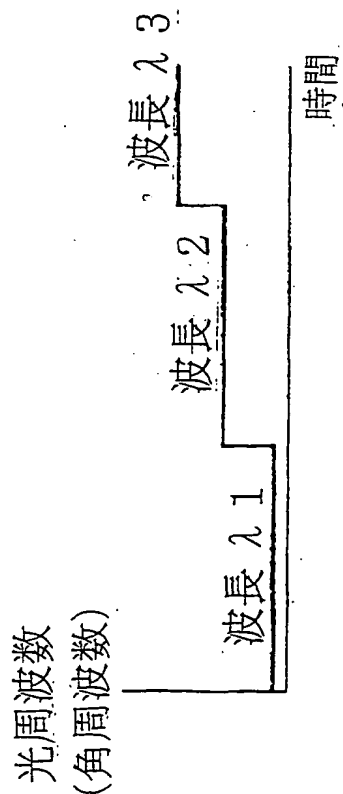
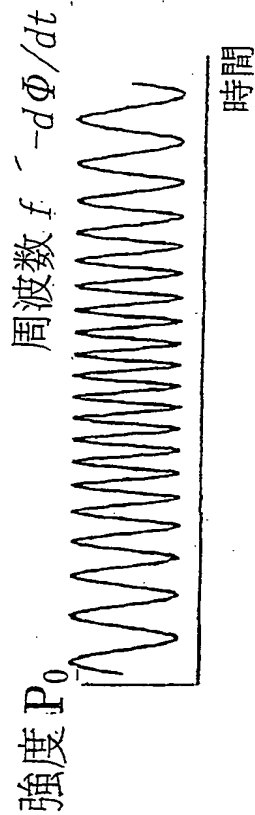
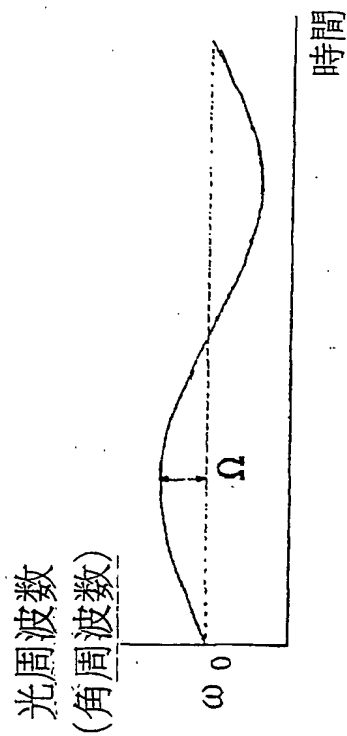


図 7





(A)



(B)

図 8

図 9

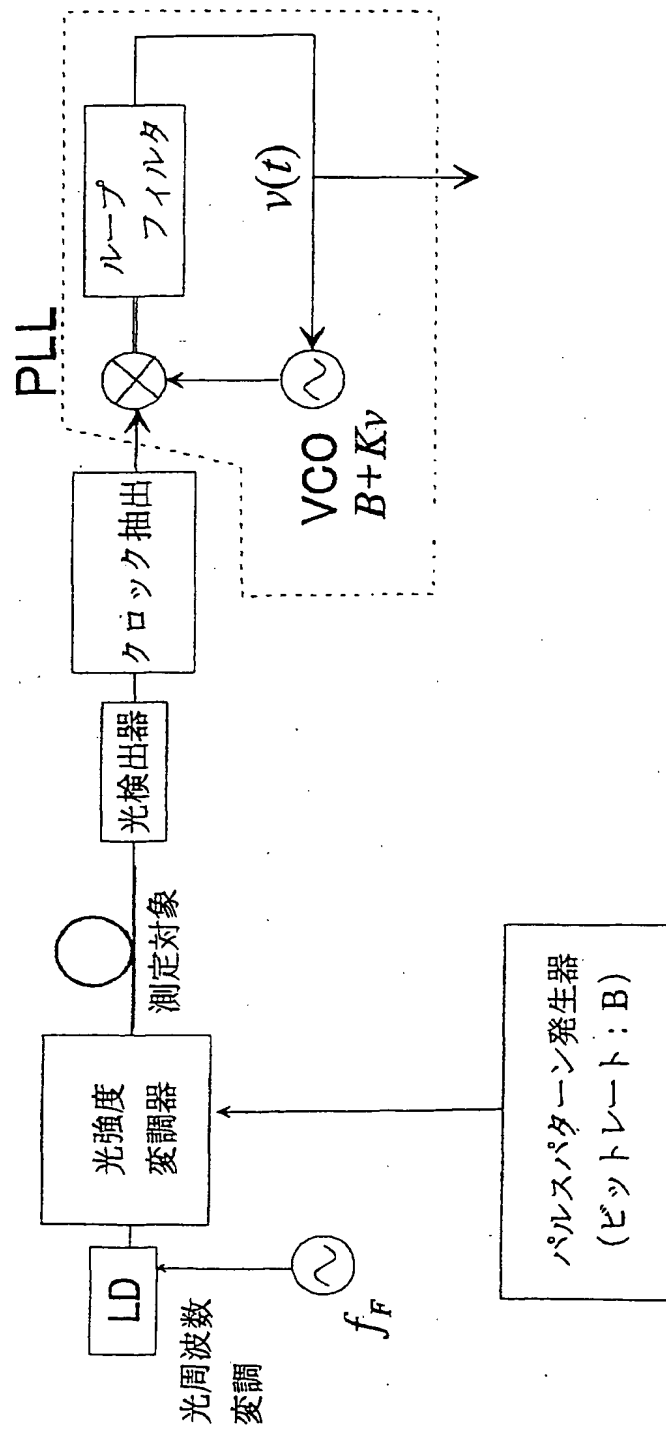
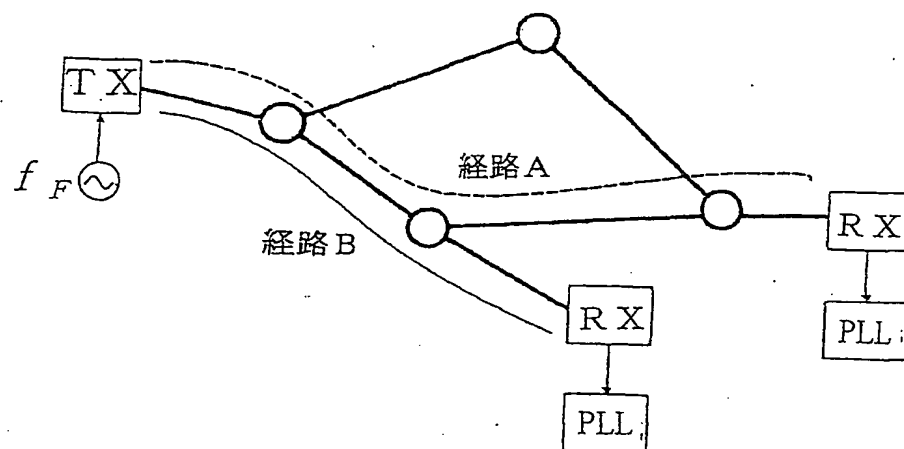
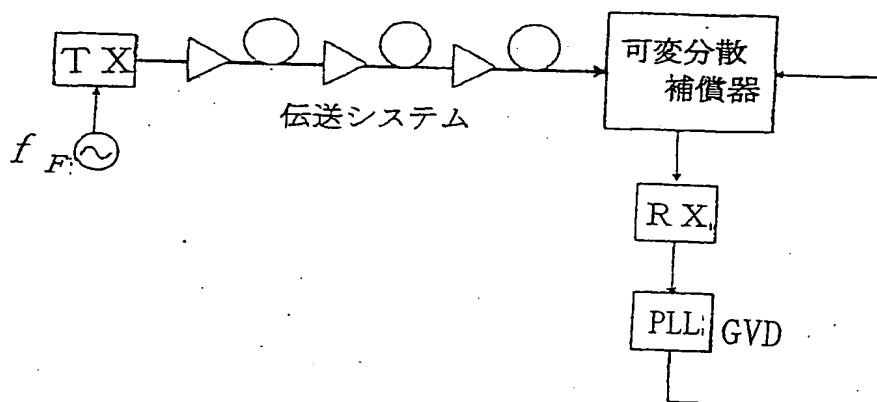


図 10

(a)



(b)



(c)

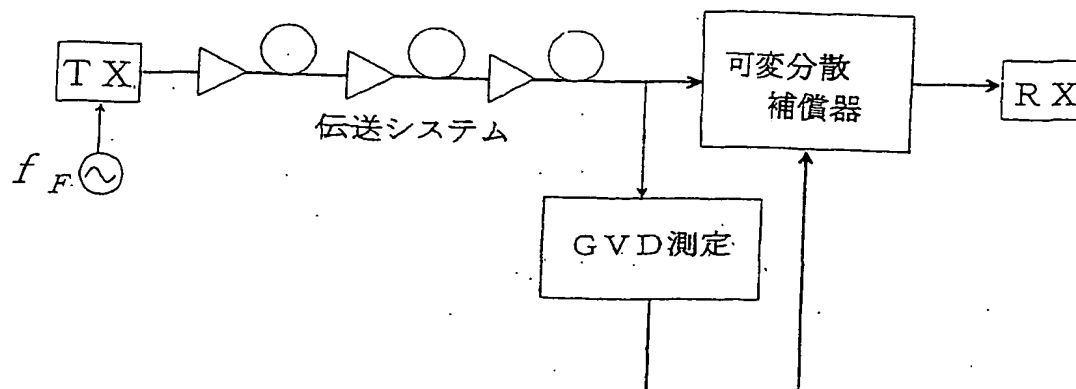


図 1 1

フィードバック電圧のスペクトラム

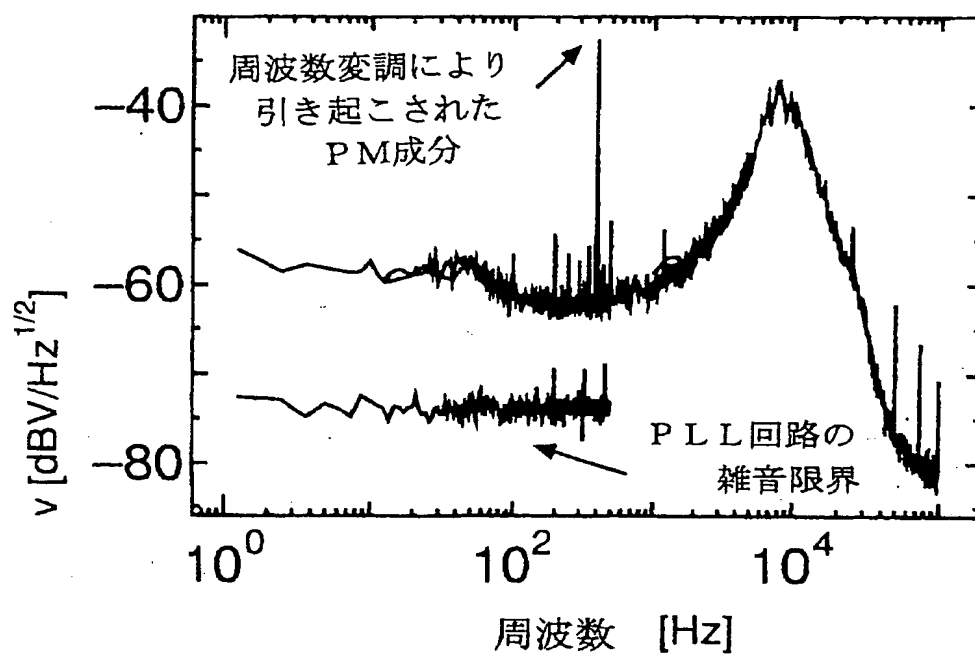


図 1 2

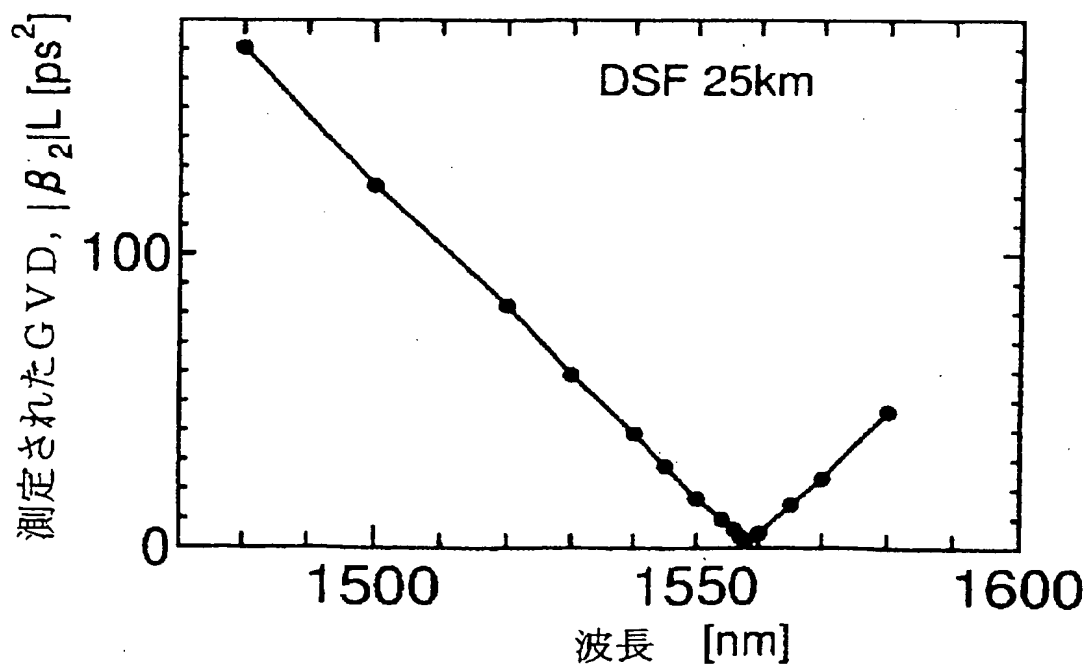


図 1 3

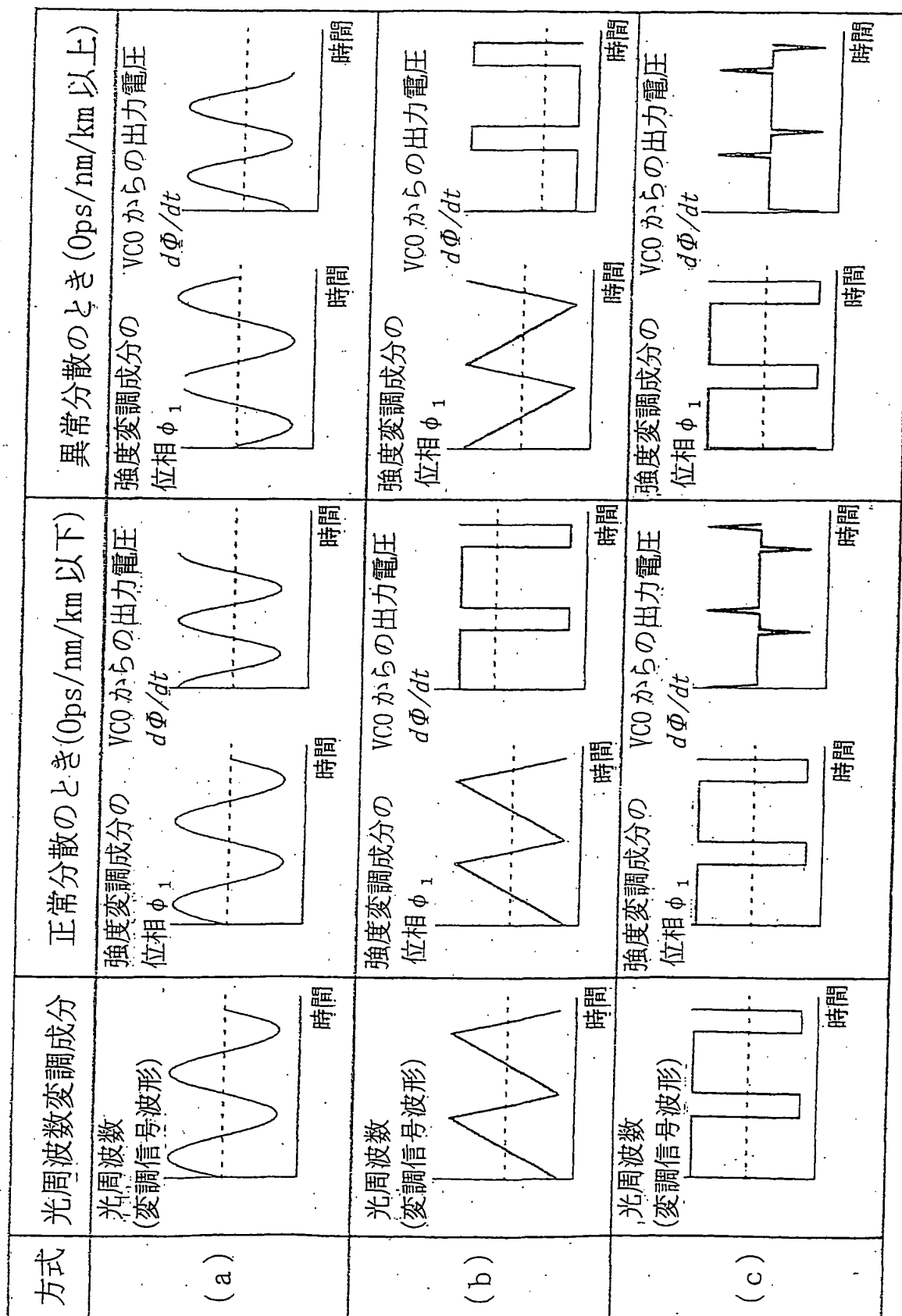


図 1 4

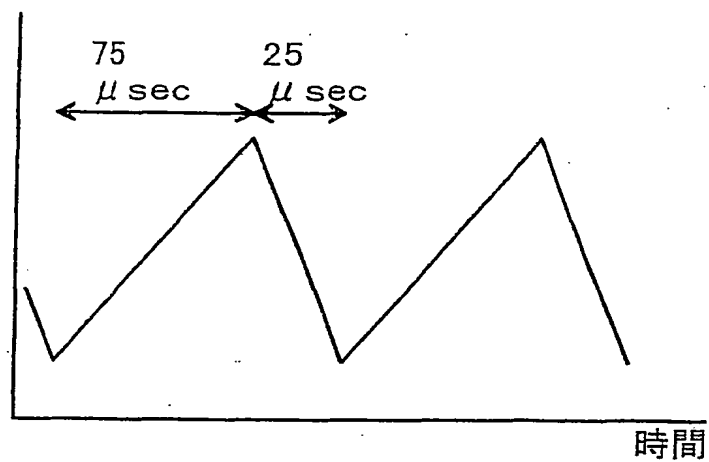


図 1 5

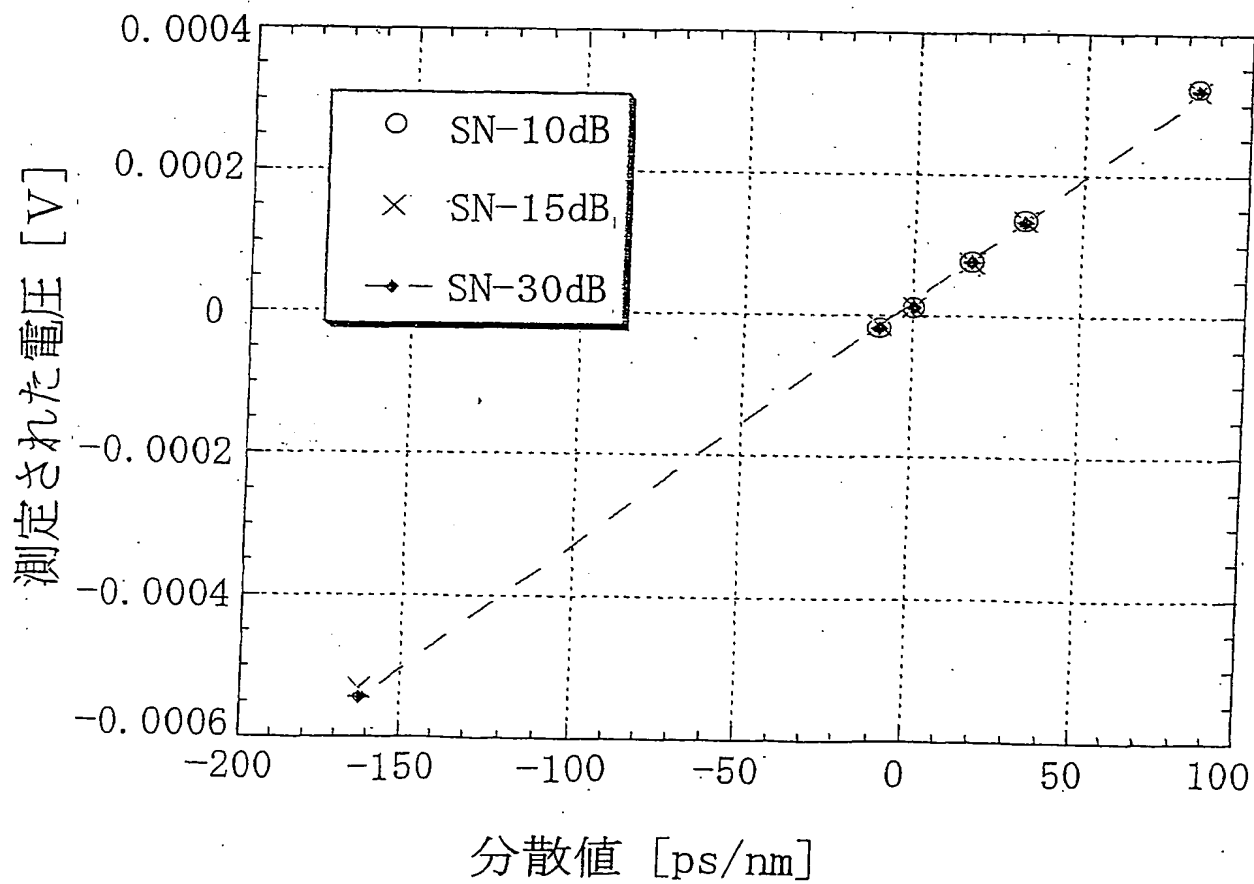


図 1 6

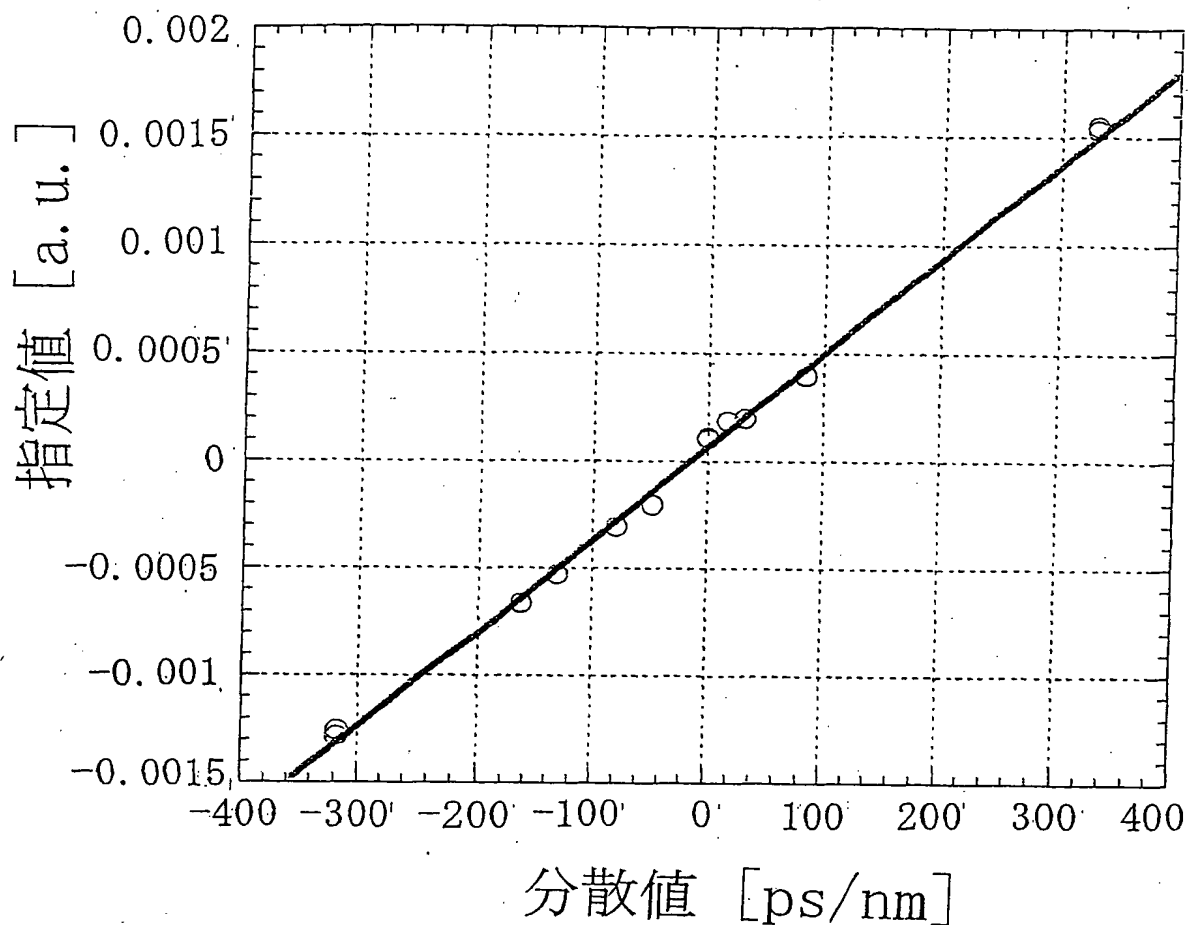


図 1 7

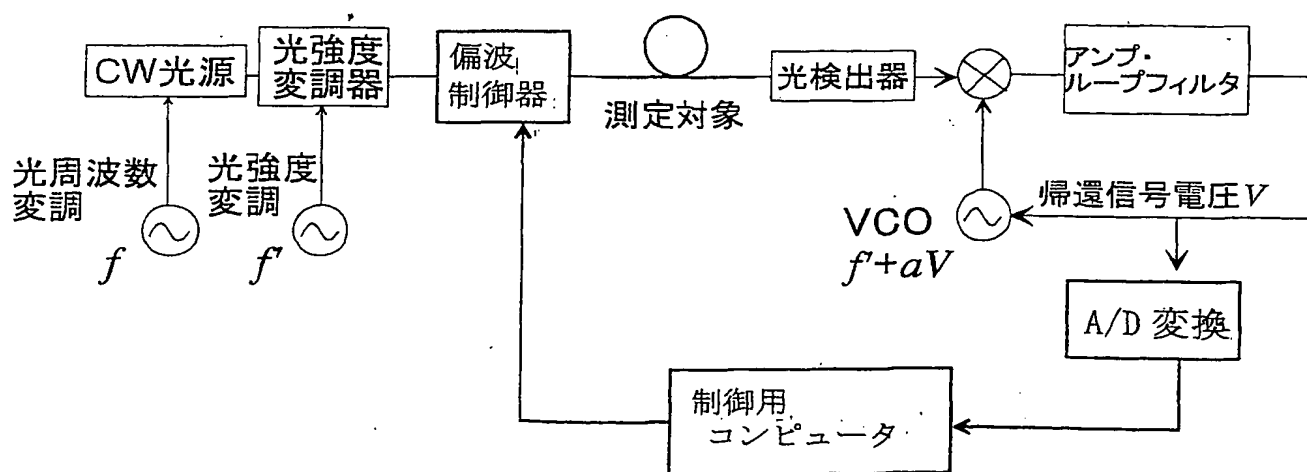


図 1 8

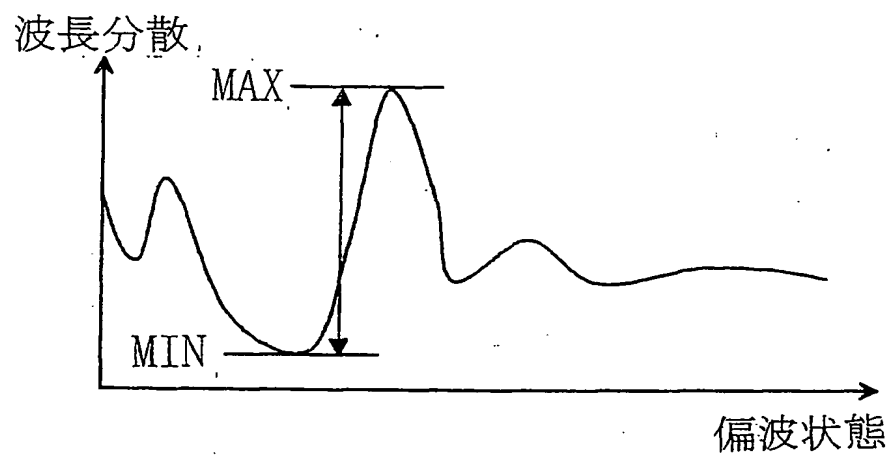
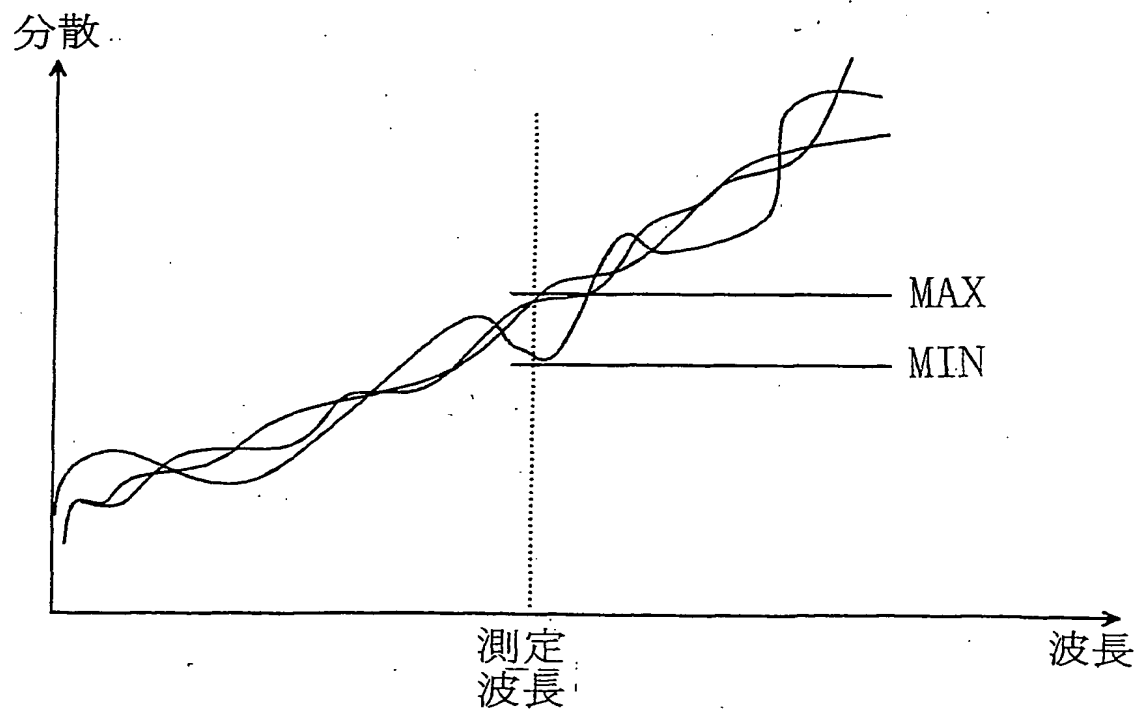


図 1 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/10185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl.⁷ G01M11/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ G01M11/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS (JICST), ?optical frequency? *?wavelength dispersion? (in Japanese)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-243516 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 19 September, 1997 (19.09.1997), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-28
A	JP 10-307079 A (ANRITSU CORPORATION), 17 November, 1998 (17.11.1998), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-28
A	JP 8-82574 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 26 March, 1996 (26.03.1996), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1-28
A	JP 9-264814 (Advantest Corporation) 07 October, 1997 (07.10.1997), Full text; Figs. 1, 2 & US 5717489 A	1-28
A	JP 2000-258299 A (Japan Science and Technology Corp.), 22 September, 2000 (22.09.2000), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1-28

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
10 January, 2002 (10.01.02)

Date of mailing of the international search report
22 January, 2002 (22.01.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01M11/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01M11/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2002年

日本国登録実用新案公報 1994-2002年

日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS (JICST), ?光周波数?*?波長分散?

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-243516 A (日本電信電話株式会社) 1997. 9. 19 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-28
A	JP 10-307079 A (アンリツ株式会社) 1998. 11. 17 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-28

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 01. 02

国際調査報告の発送日

22.01.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

菊井 広行

2W

7324

電話番号 03-3581-1101 内線 6621

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 8-82574 A (日本電信電話株式会社) 1996. 3. 26 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1-28
A	J P 9-264814 (株式会社アドバンテスト) 1997. 10. 7 全文, 第1, 2図 & US 5717489 A	1-28
A	J P 2000-258299 A (科学技術振興事業団) 2000. 9. 22 全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	1-28